



(11) Veröffentlichungsnummer : **0 408 877 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag der Patentschrift :  
**13.10.93 Patentblatt 93/41**

(51) Int. Cl.<sup>5</sup> : **G01P 3/48**

(21) Anmeldenummer : **90110423.2**

(22) Anmeldetag : **01.06.90**

(54) **Verfahren zur Drehzahlmittlung einer Brennkraftmaschine.**

(30) Priorität : **15.07.89 DE 3923532**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung :  
**23.01.91 Patentblatt 91/04**

(45) Bekanntmachung des Hinweises auf die  
Patenterteilung :  
**13.10.93 Patentblatt 93/41**

(84) Benannte Vertragsstaaten :  
**CH DE ES FR GB IT LI SE**

(56) Entgegenhaltungen :  
**EP-A- 0 315 357**

(56) Entgegenhaltungen :  
**FR-A- 2 337 886**  
**PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 7, no.**  
**109 (P-196)(1254) 12 Mai 1983, & JP-A-58 30672**  
**(ISHIAWAAJIMA HARIMA JUKOGYO K.K.) 23**  
**Februar 1983,**

(73) Patentinhaber : **ROBERT BOSCH GMBH**  
**Postfach 30 02 20**  
**D-70442 Stuttgart (DE)**

(72) Erfinder : **Schlienz, Ulrich, Dipl.-Ing.**  
**Erlenstrasse 2**  
**D-7333 Ebersbach-Rosswälden (DE)**  
Erfinder : **Sieg, Raymond, Dipl.-Ing.**  
**Kissinger Strasse 59**  
**D-7000 Stuttgart 50 (DE)**

**EP 0 408 877 B1**

Anmerkung : Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

### Stand der Technik

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ermittlung der Drehzahl einer Brennkraftmaschine mit bekannter Zylinderzahl.

Es ist allgemein bekannter Stand der Technik, die an einer Zündspule einer fremdgezündeten Brennkraftmaschine auftretenden Impulse in ein Drehzahl-signal umzuwandeln und anzuzeigen. Diese einfache Möglichkeit der Drehzahlerfassung ist bei Fahrzeugen mit Dieselmotoren nicht anwendbar. Die Drehzahl wird in diesen Fällen dann beispielsweise mit einem optoelektronischen Gebersystem erfaßt.

Aus der EP-A 0 315 357 ist eine Vorrichtung bekannt, die ein Signal abgibt, das ein Maß für die Drehzahl einer Brennkraftmaschine ist. Die Vorrichtung enthält eine signalverarbeitende Anordnung, die das Maß für die Drehzahl aus einem Bordnetz ableitet, das mehrere elektrische Komponenten enthält, die zum Teil zum Betreiben der Brennkraftmaschine erforderlich sind. Hingewiesen ist insbesondere auf eine Zündanlage, die zum Zünden der fremdgezündeten Brennkraftmaschine vorgesehen ist. Störimpulse auf dem Bordnetz, die den Zündimpulsen der Brennkraftmaschine entsprechen, sind besonders geeignet zum Ableiten eines Signals als Maß für die Drehzahl der Brennkraftmaschine. Mit der bekannten Vorrichtung ist es nicht ohne weiteres möglich, die tatsächliche Drehzahl anzugeben.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein einfaches Verfahren zur Ermittlung der Drehzahl einer Brennkraftmaschine mit bekannter Zylinderzahl anzugeben, das insbesondere auch für die Drehzahlermittlung von Diesel-Brennkraftmaschinen geeignet ist.

Diese Aufgabe wird durch die im Anspruch 1 angegebenen Merkmale gelöst.

### Vorteile der Erfindung

Eine signalverarbeitende Anordnung ermittelt die Drehzahl aus einem am Generator oder an einer Last auftretenden Signal. Das Signal enthält einen ersten Signalanteil, der einem Wechselspannungsanteil der von einem von der Brennkraftmaschine mit gegebenem Übersetzungsverhältnis angetriebenen Generator entspricht. Das am Generator oder an der Last auftretende Signal enthält einen zweiten, niederfrequenten Signalanteil, der durch die diskontinuierliche Arbeitsweise der Brennkraftmaschine, bedingt durch die Verbrennung in den einzelnen Zylindern, verursacht ist. Der erste Signalanteil ist mit dem zweiten Signalanteil frequenzmoduliert. Die signalverarbeitende Anordnung ermittelt das Übersetzungsverhältnis zwischen Brennkraftmaschine und Generator aus dem Verhältnis der Frequenz des ersten Signal-

anteils und der Frequenz des zweiten Signalanteils.

Das erfindungsgemäße Verfahren weist zunächst den Vorteil einer leichten Adaption am Fahrzeug auf. Es wird lediglich ein Anschluß an das elektrische Bordnetz des Kraftfahrzeugs benötigt, der beispielsweise am Zigarettenanzünder erfolgen kann. Da keine speziellen Sensoren erforderlich sind, eignet sich die erfindungsgemäße Vorrichtung in besonderem Maße zur Drehzahlermittlung von Diesel-Brennkraftmaschinen.

Die Ermittlung der Drehzahl ist auch während der Fahrt möglich. Diese Anwendung gewinnt an Bedeutung im Rahmen der Abgassonderuntersuchung, die Vollastbetrieb bei der Abgasmessung für Dieselfahrzeuge vorschreibt und wobei nicht vorausgesetzt werden kann, daß jede Prüfstation einen Leistungsprüfstand zur Verfügung hat.

Vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen des erfindungsgemäßen Verfahrens sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben. In einer vorteilhaften Weiterbildung wird der niederfrequente Signalanteil mit einem Frequenz-Modulations-(FM)-Demodulator aus dem ersten Signalanteil ermittelt.

Das beispielsweise vom Bordnetz abgegriffene elektrische Signal ist aufgrund von überlagerten Störungen, die insbesondere vom Generatorregler hervorgerufen werden, zweckmäßigerweise einer Signalfilterung mit einem Bandpaßfilter zu unterziehen. Besonders vorteilhaft erweist sich die Verwendung eines adaptiven Filters, mit dem eine gute Stördrückung über die gesamte Nutzbandbreite des zu erwartenden Signalspektrums bei einem maximalen Verhältnis von Nutzsignal/Störsignal zu erreichen ist.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist vorgesehen, den ersten höherfrequenten Signalanteil des Bordnetzsignals aus den Kommutierungsschwingungen abzuleiten, die bei der Kommutierung eines von einem Drehstromgenerator abgegebenen Stroms von einem Gleichrichter auf den nächsten Gleichrichter entstehen.

Vorteilhaft ist der geringe Hardware-Aufwand, weil die gesamte Signalverarbeitung und gegebenenfalls die Plausibilitätskontrollen als Programm in der signalverarbeitenden Anordnung realisierbar sind.

Vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen ergeben sich aus weiteren abhängigen Ansprüchen in Verbindung mit der folgenden Beschreibung.

### Zeichnung

Figur 1 zeigt einen Spannungsverlauf eines von einem Generator versorgten Bordnetzes eines Kraftfahrzeugs, Figur 2 zeigt ein Blockschaltbild einer signalverarbeitenden Anordnung zur Ermittlung der Drehzahl einer Brennkraftmaschine des Kraftfahrzeugs, Figur 3 zeigt den in Figur 1 gezeigten Signalverlauf mit höherer zeitlicher Auflösung und Figur 4

zeigt das Blockschaltbild einer signalverarbeitenden Anordnung zur Ermittlung eines ersten Signalanteils aus dem in Figur 1 bzw. Figur 3 gezeigten Signalverlauf.

Figur 1 zeigt den Spannungsverlauf  $U_B$  eines von einem Generator versorgten Bordnetzes eines Kraftfahrzeugs. Gezeigt ist nur der Wechselspannungsanteil unter Weglassung des erheblich höheren Gleichspannungsanteils. Der parabelbogenähnliche Signalverlauf entsteht durch Gleichrichtung und Überlagerung von mehreren Phasen eines als Drehstromgenerator ausgebildeten Generators. Anstelle eines Drehstromgenerators mit Gleichrichtern kann auch ein Gleichstromgenerator oder ein Wechselstromgenerator mit einer oder mehreren Phasen ohne Gleichrichter vorgesehen sein. Ein Wechselstromgenerator kann beispielsweise elektrische Energie zur Scheibenheizung oder für andere Verbraucher bereitstellen, die keinen Gleichstrom benötigen. Das Signal  $U_B$  weist im Fall des Wechselstromgenerators gegenüber dem in Figur 1 gezeigten Verlauf einen sinusförmigen oder sinusähnlichen Verlauf auf. In allen Fällen sind Signalstücke enthalten, die einen ersten höherfrequenten Signalanteil F1 aufweisen, dessen Frequenz sich von Bogen zu Bogen geringfügig ändern kann. Diese Änderung ist in Figur 1 zur Verdeutlichung übertrieben eingetragen. Die Frequenzänderungen des ersten Signals F1 wiederholen sich nach den Zeitpunkten T1, T2, T3 usw. Die Periodendauer zwischen den Zeiten T1 und T2 bzw. T2 und T3 entspricht einem zweiten niederfrequenten Signalanteil F2 des Spannungsverlaufs  $U_B$ , der ebenfalls in allen Fällen enthalten ist. Der zweite Signalanteil F2 entsteht durch die Arbeitszyklen der Brennkraftmaschine. Kurz vor den Zeitpunkten T1, T2, T3 usw. zündet jeweils ein Zylinder der Brennkraftmaschine. Der Explosionsvorgang im Zylinder hat eine Drehzahlerhöhung zur Folge, die während der Expansionsphase wieder abnimmt, bis der nächste Zylinder gezündet hat.

Figur 2 zeigt eine Brennkraftmaschine 10, die wenigstens einen Generator 11 antreibt. Der Generator 11 ist zur Energieversorgung eines elektrischen Bordnetzes 12 des Kraftfahrzeugs vorgesehen. Das Signal  $U_B$  wird einem ersten Signalfilter 13 zugeführt, dessen Ausgangssignal sowohl einer ersten Schwellwertstufe 14 als auch dem Filter 13 selbst zugeleitet wird. Am Ausgang der ersten Schwellwertstufe 14 tritt der erste Signalanteil F1 auf.

Der Anteil F1 wird sowohl einem im Mittelwertbildner 15 als auch einem FM-Demodulator 16 zugeführt. Das Ausgangssignal des FM-Demodulators 16 wird über ein zweites Signalfilter 17 an eine zweite Schwellwertstufe 18 weitergeleitet. Am Ausgang der zweiten Schwellwertstufe 18 tritt der zweite niederfrequente Signalanteil F2 auf.

Aus dem Anteil F2 und dem gemittelten Frequenzanteil F1 ermittelt eine Recheneinheit 20, die

einen Speicher 19 enthält, in Abhängigkeit von einer Zylindervorgabe 21 die Drehzahl  $n$  der Brennkraftmaschine.

Figur 3 zeigt einen zeitlich höher aufgelösten Ausschnitt des in Figur 1 gezeigten Spannungsverlaufs  $U_B$ . Auch in Figur 3 wurde der Gleichanteil weggelassen. Zwischen den parabelbogenähnlichen Signalanteilen F1 sind kurzzeitige Kommutierungsschwingungen 30 mit der Frequenz F3 vorhanden, die auftreten, falls ein Drehstromgenerator mit Gleichrichtern vorgesehen ist.

Figur 4 zeigt einen Teil einer signalverarbeitenden Anordnung zur Ermittlung der Frequenz F1. Die am Bordnetz 12 abgenommene Spannung wird über ein Hochpaßfilter 40 einer monostabilen Kippstufe 41 zugeführt, an deren Ausgang der Signalanteil F1 abnehmbar ist.

Das erfindungsgemäße Verfahren wird anhand von Figur 2 in Verbindung mit dem in Figur 1 gezeigten Signalverlauf näher erläutert:

Die Brennkraftmaschine 10 treibt den Generator 11 an, der zur Versorgung des Bordnetzes 12 des Kraftfahrzeugs vorgesehen ist. Der Generator 11 erzeugt eine ein- oder mehrphasige Wechselspannung, die mit Hilfe von Dioden gleichgerichtet und überlagert wird. Wie bereits dargelegt, kann auch ein Gleichstromgenerator oder ein Wechselstromgenerator ohne Gleichrichter vorgesehen sein. Vorzugsweise an einer am Generator 11 angeschlossenen Last, beispielsweise einer Batterie des Bordnetzes 12, entsteht der in Figur 1 gezeigte Signalverlauf der Bordnetzspannung  $U_B$ , die einen Wechselspannungsanteil mit parabelbogenähnlichem oder sinusbogenähnlichem Signalverlauf enthält. Dieser charakteristische Signalverlauf ist sowohl aus dem Spannungsabfall am Innenwiderstand der Last im Bordnetz 12 als auch aus dem durch die Last fließenden Strom ableitbar. Sofern der Generator 11 dafür ausgelegt ist, kann er auch ohne Last betrieben werden, wobei das Signal  $U_B$  direkt am Generator 11 entnommen wird.

Die Drehzahlermittlung beruht darauf, daß die Frequenz des ersten Signalanteils F1 proportional ist zur Drehzahl der Brennkraftmaschine. Der Proportionalitätsfaktor hängt zunächst von der Anzahl der Phasen oder Polzahlen des Generators 11 ab, die fest vorgegeben sind. Ferner hängt der Proportionalitätsfaktor vom Übersetzungsverhältnis zwischen Brennkraftmaschine 10 und dem von der Brennkraftmaschine 10 angetriebenen Generator 11 ab. Das Übersetzungsverhältnis ist in der Regel nicht bekannt und muß zunächst ermittelt werden.

Zur Ermittlung des ersten Signalanteils F1, der unmittelbar ein Maß für die Drehzahl ist, wird in der signalverarbeitenden Anordnung gemäß Figur 2 das Signal  $U_B$  zunächst einer Bandpaßfilterung mit dem ersten Filter 13 unterzogen. Das Filter 13 trennt sowohl unerwünschte niederfrequente als auch hochfrequente Störsignale ab, wie sie beispielsweise vom

Generatorregler oder von sonstigen Schaltvorgängen im Bordnetz 12 des Kraftfahrzeugs verursacht werden.

In einer vorteilhaften Weiterbildung ist das erste Filter 13 als ein adaptives Filter ausgebildet, wofür sich insbesondere eine Realisierung als Digitalfilter oder als Filter mit geschalteten Kapazitäten eignet. Zur Beurteilung des dem ersten Filter 13 zugeführten Signals  $U_B$  wird dann der Bandpaß über das gesamte Frequenzband geführt und beispielsweise die Ausgangsamplitude des ersten Filters 13 durch Amplitudenmessung bewertet. Da die Störungen nur sporadisch auftreten, die Welligkeit des Signals  $U_B$  dagegen kontinuierlich anliegt, ist auf diese Weise ein korrektes Setzen der Bandpaßparameter des digitalen Filters oder des Filters mit geschalteten Kapazitäten möglich.

Die erste Schwellwertstufe 14, die gegebenenfalls vorgesehen ist, formt aus dem Signalanteil F1 ein rechteckförmiges Signal, das leicht weiterverarbeitbar ist. Bei bekanntem Übersetzungsverhältnis ist der Anteil F1 unmittelbar ein Maß für die Drehzahl der Brennkraftmaschine.

Gemäß der Erfindung ist vorgesehen, das Übersetzungsverhältnis aus dem Signal  $U_B$  zu ermitteln. Das Signal  $U_B$  weist einen zweiten niederfrequenten Signalanteil F2 auf, der zunächst ermittelt werden muß. Der Signalanteil F2 kommt dadurch zustande, daß die Brennkraftmaschine 10 bezogen auf eine höhere zeitliche Auflösung diskontinuierlich arbeitet. Die Zündvorgänge der einzelnen Zylinder der Brennkraftmaschine 10 führen zu einer quasiperiodischen Schwingung mit der zweiten Frequenz F2, die sich aus den quasiperiodischen Vorgängen zwischen Kompressions- und Expansionsphase in den einzelnen Zylindern der Brennkraftmaschine 10 ergeben. Bei bekannter Zylinderzahl ist der Signalanteil F2 ebenfalls unmittelbar ein Maß für die Drehzahl der Brennkraftmaschine 10.

Da das Signal F1 mit dem Signal F2 frequenzmoduliert ist, kann das Signal F2 durch eine FM-Demodulation aus dem Signal mit der Frequenz F1 erhalten werden. In der signalverarbeiteten Anordnung sind deshalb der FM-Demodulator 16 sowie gegebenenfalls das zweite Bandpaßfilter 17 sowie gegebenenfalls die zweite Schwellwertstufe 18 vorgesehen. Das zweite Filter 17 befreit das demodulierte Signal von Störanteilen und die zweite Schwellwertstufe 18 stellt am Ausgang ein leicht weiterverarbeitbares Signal mit der Frequenz F2 zur Verfügung.

Bei höheren Drehzahlen der Brennkraftmaschine 10 kann der Fall eintreten, daß der Signalanteil F2 derart kleine Werte annimmt, daß die Ermittlung der Frequenz F2 mit einfachen Mitteln nicht mehr zuverlässige Ergebnisse liefert. Damit auch in diesem Fall eine zuverlässige Drehzahlmessung erfolgen kann, ist die Recheneinheit 20 vorgesehen, die die Drehzahl  $n$  aus dem Verhältnis von der Frequenz F2 und

F1 in Abhängigkeit von der Zylindervorgabe 21 aus dem stets vorhandenen Signalanteil F1 ermittelt, wobei das Verhältnis von F2 zu F1 aus dem Speicher 19 entnommen wird, indem es bei Meßbeginn, beispielsweise bei Leerlaufdrehzahl der Brennkraftmaschine 10, abgelegt wird. Der Mittelwertbildner 15 für den Signalanteil mit der Frequenz F1 ist vorteilhafterweise dann vorzusehen, wenn der Mittelwert der Drehzahl  $n$  der Brennkraftmaschine ermittelt werden soll. Prinzipiell ist es auch möglich, den Mittelwertbildner 15 am Ausgang der Recheneinheit 20 anzuordnen.

In einer vorteilhaften Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird der Signalanteil F1 aus dem Signal  $U_B$  aus den in Figur 3 gezeigten Kommutierungsschwingungen 30 mit der Frequenz F3 ermittelt. Die Schwingungen 30 treten auf, wenn der Generator 11 als Wechselstrom-/Drehstrom-Generator mit Gleichrichtern ausgestaltet ist. Gemäß Figur 4 wird das dem Bordnetz entnommene Signal  $U_B$  einem Filter 40 zugeleitet, das im einfachsten Fall als Hochpaßfilter ausgebildet ist, dessen untere Grenzfrequenz auf die Frequenz F3 abgestimmt ist. Das Ausgangssignal des Hochpaßfilters 40 wird einer monostabilen Kippstufe 41 zugeführt, die die Möglichkeit einer Re-Triggerung vorsieht, damit die Schwingungspakete jeweils nur einen einzigen Impuls am Ausgang der Kippstufe 41 auslösen. In einem in Figur 4 nicht gezeigten Signalverarbeitungsblock kann das Ausgangssignal der monostabilen Kippstufe einer Plausibilitätskontrolle unterzogen werden, wodurch sich die Störfestigkeit erhöht. Unbrauchbare oder falsche Impulse könnten entstehen von Schaltvorgängen des Generatorreglers oder von anderen elektrischen Verbrauchern im Kraftfahrzeug.

Die in den Figuren 2 und 4 gezeigten signalverarbeitenden Anordnungen 13 bis 21, 40, 41 können vollständig oder teilweise als Software in einem Rechner realisiert sein.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Ermittlung der Drehzahl einer Brennkraftmaschine (10) mit bekannter Zylinderzahl, die mit vorgegebenem Übersetzungsverhältnis einen Generator (11) antreibt, mit einer signalverarbeitenden Anordnung (13 - 21), welche die Drehzahl aus einem am Generator (11) oder an einer Last auftretenden Signal ( $U_B$ ) ermittelt, das einen ersten Signalanteil (F1) enthält, der einem Wechselspannungsanteil der vom Generator (11) erzeugten Spannung entspricht, und welche einen zweiten, niederfrequenten Signalanteil (F2) ermittelt, der durch die diskontinuierliche Arbeitsweise der Brennkraftmaschine, bedingt durch die Verbrennung in den einzelnen Zylindern, verursacht ist, wobei der erste Signalanteil (F1) mit dem zweiten Signalanteil (F2) frequenz-

moduliert ist, und welche das Übersetzungsverhältnis zwischen Brennkraftmaschine (10) und Generator (11) aus dem Verhältnis der Frequenz des ersten Signalanteils (F1) und der Frequenz des zweiten Signalanteils (F2) bestimmt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, mit einem FM-De-  
modulator zum Ermitteln der Frequenz des zwei-  
ten, niederfrequenteren Signalanteils (F2) aus  
dem ersten Signalanteil (F1).
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, mit einem  
adaptiven Filter (13) zum Herausfiltern des er-  
sten Signalanteils (F1) aus dem Signal ( $U_B$ ).
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, mit  
einem als Wechselstrom-/Drehstrom-Generator  
mit Gleichrichter ausgebildeten Generator (11),  
mit einer weiteren signalverarbeitenden Anord-  
nung (40, 41), die die Frequenz des ersten Si-  
gnalanteils (F1) aus Kommutierungsschwingun-  
gen (30) des Signals ( $U_B$ ) ermittelt.
5. Verfahren nach Anspruch 4, mit einer Plausibili-  
tätskontrolle des von der weiteren signalverarbei-  
tenden Anordnung (40, 41) abgegebenen Signals  
mit der Frequenz, die der des Signalanteils (F1)  
entspricht.
6. Verfahren nach Anspruch 1 und 2, mit einer Re-  
cheneinheit (20), in der das Verhältnis der Fre-  
quenzen des ersten Signalanteils (F1) und des  
zweiten, niederfrequenteren Signalanteils (F2)  
ermittelt und zur Berechnung der Drehzahl abge-  
legt wird.

#### Claims

1. Method for determining the speed of an internal-  
combustion engine (10) with a known number of  
cylinders, which drives a generator (11) with a  
predetermined step-up ratio, with a signal-pro-  
cessing arrangement (13 - 21) which determines  
the speed from a signal ( $U_B$ ) occurring at the ge-  
nerator (11) or at a load and containing a first signal  
component (F1) corresponding to an alternating-  
voltage component of the voltage generated by  
the generator (11), and which determines a sec-  
ond lower-frequency signal component (F2)  
which is caused by the discontinuous mode of op-  
eration of the internal-combustion engine  
brought about by the combustion in the individual  
cylinders, the first signal component (F1) being  
frequency-modulated with the second signal  
component (F2), and which determines the step-  
up ratio between the internal-combustion engine  
(10) and the generator (11) from the ratio of the

frequency of the first signal component (F1) and  
the frequency of the second signal component  
(F2).

2. Method according to Claim 1, with an FM demod-  
ulator for determining the frequency of the sec-  
ond lower-frequency signal component (F2) from  
the first signal component (F1).
3. Method according to Claim 1 or 2, with an adap-  
tive filter (13) for filtering out the first signal com-  
ponent (F1) from the signal ( $U_B$ ).
4. Method according to one of Claims 1 to 3, with a  
generator (11) designed as an alternating-cur-  
rent/rotary-current generator with rectifier, with a  
further signal-processing arrangement (40, 41)  
which determines the frequency of the first signal  
component (F1) from the commutator vibrations  
(30) of the signal ( $U_B$ ).
5. Method according to Claim 4, with a plausibility  
check of the signal emitted by the further signal-  
processing arrangement (40, 41) and having the  
frequency corresponding to that of the signal  
component (F1).
6. Method according to Claims 1 and 2, with a com-  
puting unit (20), in which the ratio of the frequen-  
cies of the first signal component (F1) and of the  
second, lower-frequency signal component (F2)  
is determined and is filed for calculating the  
speed.

#### Revendications

1. Procédé pour déterminer la vitesse de rotation  
d'un moteur à combustion interne (10) ayant un  
nombre connu de cylindres, entraînant un géné-  
rateur (11) selon un rapport de démultiplication  
prédéterminé, avec un montage (13 - 21) de trai-  
tement du signal qui détermine la vitesse de ro-  
tation à partir d'un signal  $U_B$  pris sur le générateur  
(11) ou sur une charge, ce signal comportant une  
première composante de signal (F1) correspon-  
dant à une composante de tension alternative de  
la tension fournie par le générateur (11) et qui dé-  
termine une seconde composante de signal (F2),  
de fréquence plus basse, engendrée par le fon-  
ctionnement discontinu du moteur à combustion  
interne provoquée par la combustion dans les dif-  
férents cylindres, la première composante de si-  
gnal (F1) étant modulée en fréquence avec la se-  
conde composante de signal (F2) qui détermine  
le rapport de démultiplication entre le moteur  
thermique (10) et le générateur (11) à partir du  
rapport de la fréquence de la première compo-

sante de signal (F1) et de la fréquence de la seconde composante de signal (F2).

2. Procédé selon la revendication 1, comportant un démodulateur MF pour déterminer la fréquence de la seconde composante de signal (F2), de fréquence plus basse à partir de la première composante de signal (F1). 5
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2 comportant un filtre adaptatif (13) pour séparer par filtrage la première composante de signal (F1) à partir du signal ( $U_B$ ). 10
4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, comportant un générateur en forme d'alternateur avec des redresseurs (11), un autre montage de traitement de signal (40, 41) qui détermine la fréquence de la première composante de signal (F1) à partir des oscillations de commutation (30) du signal ( $U_B$ ). 15 20
5. Procédé selon la revendication 4, avec un contrôle de plausibilité du signal fourni par l'autre montage de traitement de signal (40, 41) et ayant la fréquence qui correspond à la composante de signal (F1). 25
6. Procédé selon les revendications 1 et 2, comportant un calculateur (20) dans lequel on détermine le rapport de la fréquence de la première composante de signal (F1) et celle de la seconde composante de signal (F2) de fréquence plus faible, et on enregistre ce rapport pour calculer la vitesse de rotation. 30 35

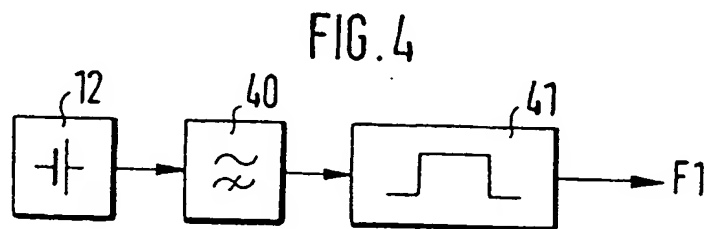
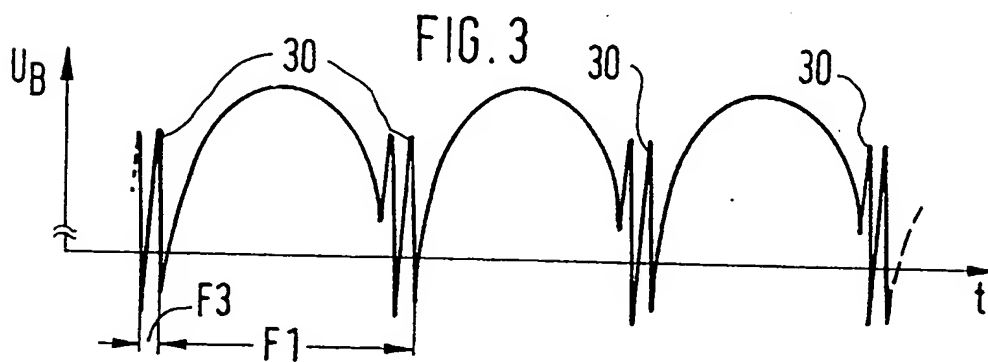
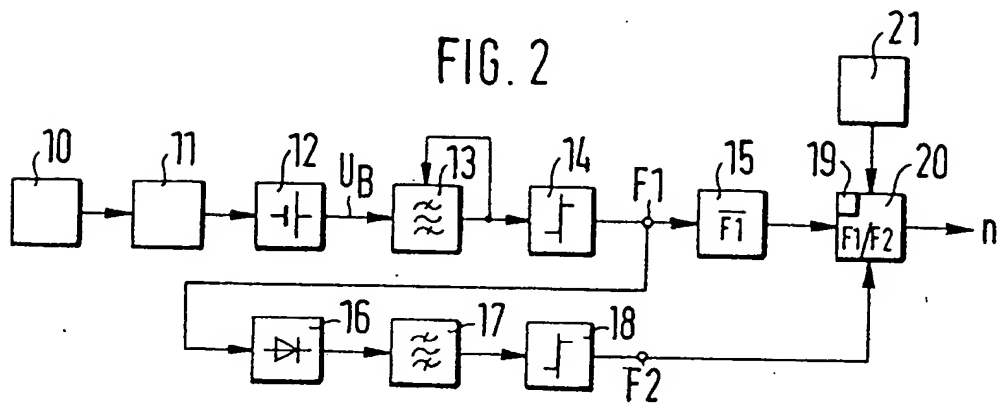
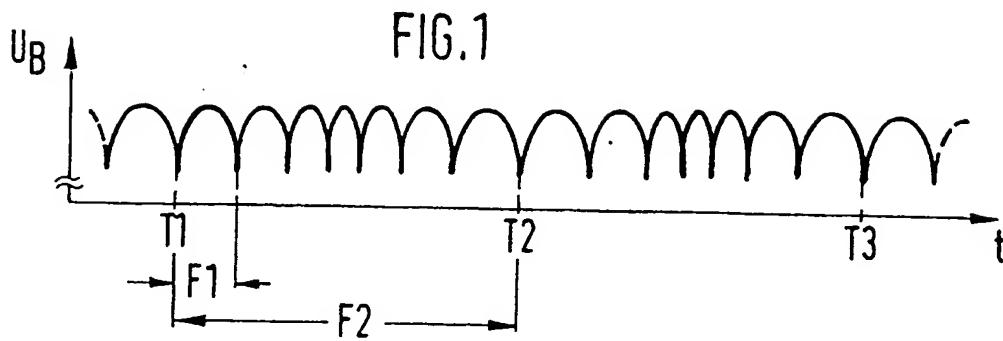
40

45

50

55

6



EP 0 408 877 B1

A METHOD FOR DETERMINING THE ANGULAR  
SPEED OF AN INTERNAL-COMBUSTION ENGINE

STATE OF THE ART

[01] The present invention relates to a method for determining the angular speed (rpm) of an internal-combustion engine having a known number of cylinders.

[02] It is known from the general state of the art to convert pulses, which are generated at an ignition coil of an internal combustion engine driven by applied ignition, into an angular speed signal. This simple procedure of detecting an angular speed however cannot be used on diesel engines. In such cases the angular speed is detected illustratively by an optical-electronic pickup system.

[03] The European patent document A 0 315 357 discloses apparatus generating a signal indicating the angular speed of an internal combustion engine. This apparatus comprises a signal processing unit deriving the angular-speed magnitude from an on-board electric power network containing several electric components of which some are required to operate the internal combustion engine. This document emphasizes an ignition system to ignite externally ignited internal combustion engines. Interference pulses in the on-board electric power network corresponding to the ignition pulses of the internal combustion engine are especially appropriate to derive a signal representing the internal combustion engines angular speed. However said known apparatus does not allow determining the actual angular speed in an easy manner.

[04] The objective of the present invention is to create a simple method for determining the angular speed of an internal combustion engine having a known number of cylinders, said method also being especially suitable to determine the angular speed of diesel internal combustion engines.

[05] This problem is solved by the features defined in claim 1.

ADVANTAGES OF THE INVENTION

[06] A signal-processing system determines the angular speed from a signal at a generator or at a load. This signal contains a first signal component corresponding to an alternating current



(AC) voltage component of a generator driven by the internal combustion engine at a given transmission ratio. The generator or the load signal also contains a second low-frequency signal caused the internal combustion engine's discontinuous operation due to the combustions in the individual cylinders. The first signal component is frequency-modulated (FM) by the second signal component. The signal processing unit determines the transmission ratio between internal combustion engine and generator from the ratio of the first signal component to the frequency of the second signal component.

[07] The method of the present invention in the first place offers the advantage of being easily adaptable to the vehicle. Only connection to the on-board vehicle electric power network is required and illustratively may be implemented through the cigarette lighter. Special sensors not being required, the apparatus of the invention is especially well suited to determine the angular speed of diesel internal combustion engines.

[08] Said angular speed also may be ascertained while driving. This application is significant with respect to special investigation of exhaust gases requiring full-load operation when measuring the emissions from diesel engines and where performance test equipment may not always be available.

[09] Advantageous further developments of and improvements in the method of the present invention are stated in the dependent claims. In one advantageous further development, the low-frequency signal component is determined from the first signal component by means of an FM demodulator.

[10] Considering superposed interferences in particular generated by the generator control, the electrical signal picked up for instance from the on-board electric power network shall undergo signal filtering by means of a bandpass filter. In particularly advantageous manner, an adaptive filter is used, which allows satisfactory interference suppression at a maximum ratio of useful to interference signals.

[11] In one advantageous implementation of the method of the present invention, the first higher-frequency signal component from the on-board electric power network is derived from the oscillations arising when commutating the current from an AC generator from one rectifier to the next rectifier.

[12] This small amount of hardware represents an advantage because all the signal processing and where called for plausibility checks may be implemented as a program in the signal processing unit.

[13] Further advantageous developments and improvements are stated in further dependent claims and in relation to the description below.

## DRAWING

[14] Fig. 1 shows a voltage as a function of time of a generator-fed, on-board electric power network of a motor vehicle. Fig. 2 is a functional block diagram of a signal processing unit used in determining the angular speed of a vehicle's internal combustion engine. Fig. 3 shows the signal function of Fig. 1 at higher resolution in time and Fig. 4 shows the functional block diagram of a signal processing unit determining a first signal component from the signal functions resp. of Fig. 1 and Fig. 3.

[15] Fig. 1 shows the voltage function  $U_B$  of a vehicle's on-board electric power network equipped with a generator. Only the AC portion is shown, the substantially higher direct-current (DC) portion being omitted. The substantially parabolic waveshape is attained by rectification and superposing several phases of a generator designed as an AC generator. Instead of an AC generator fitted with rectifiers, a DC generator or an AC generator with one or several phases without rectifiers may be used. Illustratively an AC generator may provide electrical power for window heating or other purposes that do not require DC. In case an AC generator is used, the signal  $U_B$  exhibits a sinusoidal or a substantially sinusoidal waveshape rather than that shown in Fig. 1. In all cases there are signal segments containing a first signal component F1 of higher frequency that may slightly vary from arc to arc. For clarity, such variation is shown in exaggerated form in Fig. 1. The frequency variations of the first signal F1 repeat at times T1, T2, T3 etc. The length of the period between times T1 and T2 or between T2 and T3 corresponds to a second signal component F2 of lower frequency of the voltage function  $U_B$  which is also present in all cases. The second signal component F2 is generated by the internal combustion engine's operational cycles. Shortly before the times T1, T2, T3 etc., ignition takes place in a particular cylinder of the internal combustion engine. An increase in angular speed is entailed by the explosion in the cylinder, said angular speed then decreasing during expansion until ignition takes place in the next cylinder.

[16] Fig. 2 shows an internal combustion engine 10 driving at least one generator 11. The generator 11 provides the power to the vehicle's on-board electric network 12. The signal  $U_B$  is fed to a first signal filter 13 of which the output signal is fed to a first threshold value stage and also back to the filter 13 itself. The first signal component F1 appears at the output of the first threshold stage 14.

[17] The component F1 is fed both to an averager 15 and to an FM demodulator 16. The output signal of the FM demodulator 16 is fed through a second signal filter 17 to a second threshold value stage 18. The second low-frequency signal component F2 appears at the output of the second threshold value stage 18.

[18] Based on the component F2 and the averaged frequency component F1, a computer unit 20 containing a storage 19 ascertains the internal combustion engine's angular speed  $n$  as a function of a given cylinder 21.

[19] Fig. 3 shows a detail of the voltage function  $U_B$  of Fig. 1 with a higher time resolution. The DC component again is omitted from Fig. 3. Short-term commutation oscillations 30 of frequency F3 -- which arise in the case of an AC generator with rectifiers -- are present between the approximately parabolic signal components F1.

[20] Fig. 4 shows a portion of a signal processing unit to determine the frequency F1. The voltage from the on-board electric power network 12 is fed through a high-pass filter 40 to a monostable multivibrator 41 of which the output exhibits the signal component F1.

[21] The method of the invention is elucidated below by means of Fig. 2 and in relation to the signal function of Fig. 1.

[22] The internal combustion engine 10 drives the generator 11 feeding the vehicle's on-board electric power network 12. The generator 11 generates single-phase or polyphase AC which is rectified by diodes and superposed. As already discussed above, a DC generator or an AC generator without rectifiers also may be used. Preferably the signal function  $U_B$  of the on-board electric power network containing an AC component with a substantially parabolic or sinusoidal signal waveshape shown in Fig. 1 will be generated in a load -- for instance a battery of the on-board electric power network 12 -- is connected to the generator 11. This characteristic signal function may be obtained both from the voltage drop across the internal resistance of the load in the on-board electric power network 12 and from the current through the load. To the extent the

generator 11 is accordingly designed, it may also be operated in the absence of a load, in which case the signal  $U_B$  shall be tapped directly at the generator 11.

[23] Determination of angular speed is based on the frequency of the first signal component F1 being proportional to the internal combustion engine's angular speed. In the first place the proportionality factor depends on the number of phases of poles of the generator 11, said numbers being fixed and predetermined. The proportionality factor furthermore depends on the transmission ratio of the internal combustion engine 10 to the generator 11 driven by said engine. As a rule the transmission ratio is not known and must be first ascertained.

[24] The  $U_B$  function first is subjected to bandpass filtering in the first filter 13 in order to determine the first signal component F1 which directly represents an angular speed measurement in the signal-processing unit of Fig. 2. The filter 13 separates both undesired interference signals of low and high frequencies, for instance from the generator control or from other switching procedures in the motor vehicle's on-board electric power network 12.

[25] In a further advantageous development of the present invention, the first filter 13 is an adaptive filter, in particular a digital filter or a filter with switch-on capacitances. In this design the bandpass is made to sweep the entire frequency band for the purpose of evaluating the signal  $U_B$  fed into the first filter 13 and illustratively the output amplitude of this first filter 13 is evaluated using amplitude measurements. The interferences being only sporadic while on the other hand the wave nature of the signal  $U_B$  is applied continuously, the bandpass parameters of the digital filter or of the switch-on capacitances filter may be adjusted properly.

[26] The optional first threshold stage 14 shapes a square [rectangular] pulse from the signal component F1, said pulse being easily processed further. Where the transmission ratio is known, the component F1 is directly a measure of the internal combustion engine's angular speed.

[27] In the present invention, the transmission ratio may be ascertained from the signal  $U_B$ . The signal  $U_B$  comprises a second, low-frequency signal segment F2 which must be determined first. The signal component F2 arises in that, as shown by a higher time resolution, the internal combustion engine operates discontinuously. The ignitions of the individual cylinders of the internal combustion engine 10 entail a near-periodic beat with the second frequency F2 entailed from the near-periodic phenomena between the compression and expansion phases in the particular cylinders of the internal combustion engine 10. When the number of cylinders is

known, the signal component F2 also is directly representative of the angular speed of the internal combustion engine 10.

[28] The signal F1 being FM-modulated by the signal F2, the signal F2 may be determined by FM-demodulating the frequency of the F1 signal. Accordingly the signal processing unit comprises the FM demodulator 16 as well as optionally the second bandpass filter 17 and again optionally the second threshold value stage 18. The second filter 17 rids the demodulated signal of interference components and the second threshold value stage 18 at its output makes available an easily processed signal of frequency F2.

[29] At higher angular speeds of the internal combustion engine 10, the signal component F2 might assume such low values that determining the frequency F2 no longer is reliable when using only simple means. In order that there also be reliable measurement of angular speeds in such cases, provision is made for the computer unit 20 which determines the angular speed  $n$  from the ratio of the frequency F2 to the frequency F1 as a function of the cylinder identification 21 while making use of the continuously present component F1 the ratio  $F2/F1$  being retrieved from the storage 19 wherein illustratively it was stored at the beginning of measurement, for instance when the internal combustion engine 10 was idling. The averager 15 for the signal component of frequency F1 advantageously shall be employed when the average of the angular speed  $n$  of the internal combustion engine must be determined. However in principle the averager 15 also may be configured at the output of the computing unit 20.

[30] As regards a further advantageous development of the method of the invention, the signal component F1 is ascertained from the signal  $U_B$  using the oscillations 30 of frequency F3 shown in Fig. 3. Said oscillations 30 arise when the generator 11 is an alternator. As shown in Fig. 4, the signal  $U_B$  retrieved from the onboard electric power network is fed to a filter 40 which, in the simplest case, is a highpass filter of which the lower frequency limit is matched to the frequency F3. The output signal from the highpass filter 40 is fed to a monostable multivibrator stage 41 allowing retriggering in order that oscillatory packs each time shall trigger only a single pulse at the output of the multivibrator stage 41. Omitted from Fig. 4 is a signal processing block where the output from the monostable multivibrator may be subjected to plausibility checking in order to raise interference insensitivity. Unfit or spurious pulses may be the result of switching the generator control or other electric power consumers in the vehicle.

[31] The signal-processing units 13 through 21, 40, 41 shown in Figs. 2 and 4 may be entirely or in part in the form of software in a computer.

## WHAT IS CLAIMED IS:

1. A method for determining the angular speed (rpm) of an internal combustion engine (10) with a known number of cylinders, said engine driving a generator (11) at a predetermined transmission ratio, further comprising a signal processing unit (13-21) ascertaining said angular speed from a signal ( $U_B$ ) arising at the generator (11) or across a load, said signal containing a first signal component (F1) corresponding to an alternating current (AC) voltage component of the voltage generated by the generator (11), and said unit ascertaining a second, low-frequency signal component (F2) caused by the discontinuous operation of the internal combustion engine as entailed by combustion in the individual cylinders, the first signal component (F1) being frequency modulated (FM) by the second signal component (F2), and determining the transmission ratio of internal combustion engine (10) to the generator (11) from the ratio of the frequency of the first signal component (F1) to the frequency of the second signal component (F2).
2. Method as claimed in claim 1, using an FM demodulator to determine the frequency of the second, low-frequency signal component (F2) from the first signal component (F1).
3. Method as claimed in either of claims 1 and 2, using an adaptive filter (13) to filter the first signal component (F1) out of the signal ( $U_B$ ).
4. Method as claimed in one of claims 1 through 3, using a generator (11) with rectifiers designed as an alternator, a further signal-processing unit (40, 41) determining the frequency of the first signal component (F1) from commutation oscillations (30) of the signal ( $U_B$ ).
5. Method as claimed in claim 4, applying plausibility checking of the signal output from the further signal-processing unit (40, 41) by means of the frequency corresponding to the signal component (F1).

6. Method as claimed in claim 1 and 2, comprising a computing unit (20) determining the ratio of the frequency of the first signal component (F1) to the frequency of the second, low-frequency signal component (F2) and storing said ratio for purposes of angular speed calculation.